Journal of Horticultural Science
https:// jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 36, No. 1, Spring 2022, p. 229-239

Sustainable Production of Quince by Using Fulvic Acid Bio Stimulant and Calcium

A.A. Shokouhian[1*], S. Mohammadi Shevir[2], S. Einizadeh[3]

Received: 13-04-2021 Revised: 27-04-2021 Accepted: 25-05-2021 Available Online: 20-06-2022	**How to cite this article:** Shokouhian A.A. Mohammadi Shevir S., and Einizadeh S. 2022. Sustainable Production of Quince by Using Fulvic Acid Bio Stimulant and Calcium. Journal of Horticultural Science 36(1): 229-239. (In Persian with English abstract) **DOI:** 10.22067/JHS.2021.69426.1037

Background and Objectives

Fulvic acid has a relatively low molecular weight and contains a large number of oxygen and carbon-rich functional groups. Many of the beneficial effects of fulvic acid spray include stimulating plant metabolism, increasing the activity of transaminase and invertase enzymes, increasing bioavailability and nutrient uptake, as well as increasing crop growth and yield. Fulvic acid spraying solution helps to transfer minerals to metabolic sites within plant cells. Fulvic acid at certain stages of plant growth can be used as a major method to maximize plant production capacity. Due to the fact that calcium transfer is difficult, although the soil is rich in this element, so its foliar application is recommended. In addition, calcium deficiency leads to a decrease in root growth and leaf loss, but also leads to the production of poor quality fruits. Therefore, this study was carried out with the aim of investigating the use of fulvic acid and calcium as a spraying solution on growth and yield of Quince 'Haj Agha Kishi'.

Materials and Methods

In order to investigate the effects of fulvic acid concentration and chelated calcium on quality and quantity of fruit indices of Quince 'Haj Agha Kishi' an experiment was conducted during 2017-2018 in kosar city, Ardabil province. The experiment was performed as a factorial in based on the randomized complete block design with four levels of fulvic acid application with concentrations of 0, 1, 2 and 3 per thousand and three levels of application of chelated calcium with concentrations of 0, 1.5 and 3 per thousand in three replications. The treatments were applied to six-year-old seedlings. The treatments were applied on the trees as a spray solution and applied three times: after fruit set, one and two months after fruit set. In this study, leaf chlorophyll content index was measured by Arnon method. The leaf area of the plant was measured with a level gauge, model AM300, In this study 10 leaves were randomly selected from each tree branch, the average leaf area was multiplied by the number of main and secondary branches, and the leaf area of each treatment was recorded as average. In order to determine the length, diameter and average weight of fruit, ten fruits were randomly harvested from treated trees, then the diameter and length of the fruits were measured with a caliper with an accuracy of 0.01 mm. Also, the weight of the fruits was determined with a scale of model GF800, made in Japan with an accuracy of 0.01 grams. Yield was calculated by measuring the total weight of the crop in each tree. Statistical analysis of data was performed using SAS 9.2 statistical software. Means were compared based on LSD lest at 1 or 5% and charts were drawn using EXCEL 2013 software.

Results

The results of data analysis of variance showed that the effects of chelated calcium and fulvic acid on leaf area, length, diameter, wet weight and fruit yield were significant ($P<0.01$). Based on the results, fulvic acid had a significant ($P<0.05$) effect on chlorophyll b and total chlorophyll content of leaf. The interaction of calcium ×fulvic acid treatments had a significant ($P<0.01$) effect on leaf area and fruit length. The highest total

1, 2 and 3- Associate Professor, M.Sc. Graduated and Ph.D. Student, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: shokouhiana@uma.ac.ir)

chlorophyll content of 1.20 $mg.g^{-1}$ was obtained by using 3 per thousand concentration of fulvic acid and the lowest rate was 0.79 $mg.g^{-1}$ in the control. The highest (5481.69 mm^2) leaf area was obtained with the simultaneous use of 3 per thousand concentration of chelated calcium and 3 per thousand concentration of fulvic acid, which was significantly different from other levels. The lowest leaf area was also observed in control. Comparison of the means showed that the treatments of 3 per thousand concentration chelated calcium and 3 per thousand concentration of fulvic acid had the highest fruit yield with 167.63 and 135.30 kg, respectively. The lowest yield was recorded for control trees.

Conclusion

Increasing yield and quality is the most important goal in agricultural production. Due to the fact that biostimulants do not have adverse effects on soil and water**.** In order to maintain sustainable production should be used in the production program. Folic acid, as a biostimulant, improves plant metabolism and facilitates the absorption of elements. According to the findings of this study, application of fulvic acid and chelated calcium at 3 per thousand concentrations is recommended for Quince ‘Haj Agha Kishi’ to improve leaf efficiency and fruit yield.

Keywords: Biofertilizer, Chlorophyl, Humic substances, Yield

نشریه علوم باغبانی
https:// jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱، ص ۲۳۹-۲۲۹

تولید پایدار محصول بِه با کاربرد محرک‌زیستی فولویک اسید و کلسیم

علی اکبر شکوهیان[۱*]– سمیه محمدی شویر[۲]– شهریار عینی زاده[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۴

چکیده

فولویک اسید می‌تواند به عنوان یک روش عمده برای به حداکثر رساندن ظرفیت تولیدی گیاهان مورد استفاده قرار گیرد. این پژوهش با هدف بررسی کاربرد محرک زیستی فولویک اسید و کلات کلسیم به‌صورت محلول پاشی بر رشد و عملکرد بِهْ رقم 'حاج آقا کیشی' انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار سطح کاربرد فولویک اسید در غلظت‌های صفر، ۱، ۲ و ۳ در هزار و سه سطح کاربرد کلات کلسیم در غلظت‌های صفر، ۱/۵ و ۳ در هزار در چهار تکرار به اجرا درآمد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات کلات کلسیم و فولویک اسید بر سطح برگ؛ طول، قطر، وزن تر و عملکرد میوه در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج، فولویک اسید بر میزان کلروفیل b و کل در سطح احتمال آماری پنج درصد اثر معنی‌داری داشت. شایان ذکر است که اثرات متقابل تیمارهای کلات کلسیم × فولویک اسید بر میزان سطح برگ و طول میوه در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین میزان کلروفیل کل برگ با مقدار ۱/۲۰ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر با کاربرد فولیک‌اسید ۳ در هزارو کم‌ترین میزان نیز با مقدار ۰/۷۹ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر در برگ گیاهان شاهد بدست آمد. بیش‌ترین سطح برگ (۵۴۸۱/۶۹ میلی‌متر مربع) با کاربرد توام تیمارهای کلات‌کلسیم ۳ در هزار و اسیدفولیک ۳ در هزار بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح داشت. کم‌ترین میزان سطح برگ نیز در تیمارهای شاهد مشاهده شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن بود که تیمارهای ۳ در هزار کلات کلسیم و ۳ در هزار فولیک‌اسید بیشترین عملکرد میوه را به‌ترتیب با ۱۶۷/۶۳ و ۱۳۵/۳۰ کیلوگرم در هر درخت حاصل نمودند. کم‌ترین عملکرد نیز مربوط به درختان شاهد بود. با توجه به یافته‌های این پژوهش تیمارهای فولویک اسید و کلات کلسیم در غلظت ۳ در هزار برای بهبود کارایی برگ و عملکرد میوه بِهْ رقم 'حاج آقا کیشی' نتیجه بهتری را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، کلروفیل، کود زیستی، مواد هیومیکی

مقدمه

حفظ تولید غذا برای جمعیت در حال رشد جهان بدون به خطر انداختن منابع طبیعی برای نسل های آینده حتی در مقایسه با انقلاب سبز یکی از بزرگترین چالش های علوم کشاورزی در قرن بیستم است که یکی از راه حل‌های بالقوه برای کمک به این موضوع استفاده از محرک‌های زیستی گیاهی بر پایه مواد هیومیک می‌باشد (Canellas *et al*., 2015). بِهْ (*Cydonia oblonga*) متعلق به زیرخانواده Maloideae از خانواده Rosaceae می باشد و از میوه های مهم تجاری است (Wojdyło *et al*., 2013). میوه‌ی بِهْ را به‌طور عمده آب و کربوهیدرات‌ها تشکیل می‌دهند و منبع غنی از فیبر است. سایر ترکیبات با مقادیر کم شامل پروتئین‌ها (۰/۴درصد)، چربی (۰/۶درصد)، فیبر (۱/۹درصد)، پتاسیم، ویتامین C و ویتامین A می‌باشد (Moreira *et al*., 2008). همچنین منبع مهمی از اسیدهای آلی و ترکیبات فنولیک است (Hamauzu *et al*., 2006). از مشکلات عمده تولید این میوه می توان به عملکرد و کیفیت پایین آن اشاره کرد که باعث محدودیت عرضه و صادرات آن شده است. جهت افزایش عمر پس‌ازبرداشت میوه‌ها و سبزی‌ها، باغدارها از ترکیب‌های شیمیایی استفاده می‌کنند که با استفاده بی‌رویه این کودها باعث سفت شدن و تغییر کیفیت میوه، و شور شدن و آلودگی خاک می گردد. یکی از راه های جلوگیری از ایجاد این مشکلات استفاده از کودهای آلی و

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشیار، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشجوی دکتری فیزیولوژی پس از برداشت، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email:shokouhiana@uma.ac.ir)
DOI: 10.22067/JHS.2021.69426.1037

مشتقات آن‌ها است (Ho *et al*., 2008).

ماده هیومیک را می‌توان با توجه به حلالیت آن در pH مختلف به هیومین، هیومیک اسید و فولویک اسید تقسیم کرد (Suh *et al*., 2014). هیومیک و فولویک اسید به به‌عنوان محرک های زیستی گیاهی محسوب و اساسا از مواد آلی گیاهی حاوی لیگنین تولید می‌شوند (Malan, 2015). در بین این مواد، فولویک اسید وزن مولکولی نسبتاً کمی دارد و حاوی مقدار زیادی از گروه‌های کاربردی غنی از اکسیژن و کربن ناچیز است. بسیاری از اثرات مفید کاربرد برگی اسید فولویک، شامل تحریک متابولیسم گیاه، افزایش فعالیت آنزیم‌های ترانس آمیناز و اینورتاز، افزایش فراهمی زیستی و جذب مواد مغذی همچنین افزایش رشد و عملکرد محصول می‌باشد (Jifon and Leste, 2009). فولویک اسید به دلیل وجود اتم‌های اکسیژن الکترونگاتیوی‌تر نسبت به سایر مولکول‌های هیومیکی، بیشترین تأثیر را در واکنش‌های شیمیایی دارد و این باعث افزایش نفوذپذیری غشاها می‌شود (Priya *et al*., 2014). پس از کاربرد برگی، فولویک اسید مستقیماً مواد معدنی را به مکان های متابولیک داخل سلول‌های گیاهی منتقل می‌کند. بدنبال آن محلول‌پاشی فولویک اسید در مراحل خاصی از رشد گیاهان، حاوی مواد معدنی کلاته می‌تواند به عنوان یک روش عمده برای به حداکثر رساندن ظرفیت تولیدی گیاهان مورد استفاده قرار گیرد (Chen *et al*., 2004).

کلسیم به‌خصوص در سیب و گلابی عمر نگهداری میوه‌ها را افزایش می‌دهد. باوجود اینکه خاک‌های زراعی کشور ما آهکی بوده و کلسیم یکی از فراوان‌ترین عناصر پوسته را تشکیل می‌دهد، گیاهان باز هم دچار کمبود کلسیم می‌شوند؛ زیرا حرکت کلسیم در درون گیاهان بسیار کند بوده و به‌دلیل محصور شدن آن در واکوئل‌ها حرکت آن در درون گیاه فقط از طریق آوند چوبی امکان‌پذیر هست. کلسیم جذب‌شده به این طریق در برگ‌ها تجمع یافته و به هنگام تجزیه برگی نیز، غلظت کلسیم در برگ ها در حد کفایت می‌باشد ولی در تابستان که هوا گرم‌تر می‌شود و میوه نیز درشت‌تر و نیاز بیشتری به کلسیم دارد، تبخیر از سطح برگ به‌مراتب بیشتر از سطح میوه‌ها بوده و به همین دلیل آن مقدار کمی از کلسیم که توسط آوندهای چوبی به میوه می‌رسید نیز کاهش‌یافته و با وجود بالا بودن غلظت کلسیم در برگ‌ها میوه دچار کمبود کلسیم می‌شود؛ بنابراین، مشکل اصلی کمبود کلسیم انتقال آن در داخل گیاه هست، در این راستا، تغذیه برگی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با تغذیه برگی می‌توان عناصر غذایی را مستقیماً در اختیار شاخه و برگ یا میوه قرارداد (Khreba *et al*., 2014; Neilsen *et al*., 2005). کمبود کلسیم منجر به کاهش در رشد ریشه، کلروز و نکروزه شدن برگ و در نهایت موجب تولید میوه های کوچک، طعم ناخوشایند، بافت نرم و کیفیت پایین می‌شود (Johnson, 2008). کلسیم یکی از عناصر اصلی سلول ها است که باعث حفظ ساختار دیواره سلولی و تثبیت غشای سلولی شده و در تقسیم و طویل شدن سلول نیز دخیل است (Hirschi, 2004).

هدف از انجام این پژوهش بررسی کاربرد محرک زیستی فولویک اسید و کلات کلسیم به‌صورت محلول‌پاشی بر رشد و عملکرد بِهْ رقم حاج آقا کیشی در شهرستان کوثر بود که یکی از قطب های تولید این میوه در کشور است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در استان اردبیل شهرستان کوثر در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار سطح کاربرد فولویک اسید با غلظت‌های صفر، ۱، ۲ و ۳ در هزار لیتر آب و سه سطح کاربرد کلات کلسیم با غلظت‌های صفر، ۱/۵ و ۳ در هزار لیتر آب در سه تکرار بر روی درختان ۶ ساله بِهْ رقم 'حاجی‌آقا کیشی' در مجموع با ۴۸ واحد آزمایشی به اجرا درآمد. فولویک اسید و کلات کلسیم بصورت مایع با نام تجاری آگروفر از شرکت سبزایساتیس یزد خریداری شد. برای اعمال تیمارها میزان محلول‌های فولیک اسید و کلات کلسیم لازم برای هر واحد آزمایشی محاسبه و اندازه‌گیری شد. تیمارها به‌صورت برگی (محلول‌پاشی) و در سه نوبت (بعد از تشکیل میوه، یک ماه بعد از محلول‌پاشی اول و یک ماه بعد از محلول‌پاشی دوم) با فاصله زمانی یک ماه از یکدیگر اعمال شد.

در این بررسی شاخص محتوای کلروفیل برگ با استفاده از روش آرنون اندازه‌گیری گردید (Arnon, 1949) به‌طوری‌که مقدار نیم گرم از ماده‌تر گیاهی را در هاون چینی ریخته، سپس با افزودن نیتروژن مایع آن را خردکرده سپس ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به نمونه‌ها اضافه و در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. عصاره جداشده فوقانی حاصل از سانتریفیوژ به بالن شیشه‌ای منتقل شد. مقداری از نمونه داخل بالن را در کووت اسپکتروفتومتر ریخته و سپس به‌طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل JENWAY 6705/VIS ساخت ژاپن، مقدار جذب قرائت گردید. در نهایت با استفاده از فرمول‌های زیر میزان کلروفیل a، b و کل برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر نمونه به دست آمد (Arnon, 1949).

$$Chl_a\ (\mu g/ml) = \frac{(19.3\times A_{663} - 8.6\times A_{645})V}{100W}$$

$$Chl_b\ (\mu g/ml) = \frac{(19.3\times A_{645} - 3.6\times A_{663})V}{100W}$$

$$Chl_{(total)} = Chl_a + Chl_b$$

V: حجم نمونه استخراج‌شده W: وزن‌تر نمونه

سطح برگ گیاه به‌وسیله دستگاه سطح سنج مدل AM300 اندازه‌گیری شد برای این منظور ۱۰ عدد برگ به‌صورت تصادفی از هر

شاخه در چهار جهت و سه بخش بالا، وسط و پایین درخت تیمار شده انتخاب شد، سپس میانگین تعداد برگ در هر شاخه شمارش گردید و میانگین تعداد برگ هر شاخه در تعداد شاخه‌های اصلی و فرعی ضرب شده و سطح برگ‌های هر تیمار به‌صورت میانگین بیان‌شده است (Bakhshandeh *et al.*, 2012). به‌منظور تعیین طول و قطر و میانگین وزن میوه، تعداد ده میوه به‌صورت تصادفی از درختان تیمار شده برداشت و قطر و طول میوه‌ها بوسیله کولیس مدرج با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری گردید، همچنین میانگین وزن میوه‌ها به‌وسیله ترازوی مدل GF800 ساخت کشور ژاپن با دقت ۰/۰۱ گرم مشخص شد (Tabatabaei, 2013). در نهایت عملکرد با اندازه‌گیری وزن کل محصول در هر درختان تحت تیمار محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.2 و مقایسه میانگین بوسیله آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار EXCEL 2013 رسم گردیدند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات کلات کلسیم و فولویک اسید بر سطح برگ؛ طول، قطر، وزن تر و عملکرد میوه در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج فولویک اسید بر میزان کلروفیل b و کل در سطح احتمال آماری پنج درصد اثر معنی‌داری داشت. اثرات متقابل تیمارهای کلات کلسیم و فولویک اسید بر میزان سطح برگ و طول میوه در سطح احتمال آماری یک درصد اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۱).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد سطوح اسیدفولیک موجب افزایش میزان کلرفیل b نسبت به شاهد شده است به‌طوری که که بیش‌ترین میزان کلرفیل b (۰/۴۷ میلی‌گرم در گرم وزن تازه برگ) با کاربرد ۳ در هزار فولیک اسید بدست آمد هرچند که سایر سطوح فولویک اسید با شاهد از نظر میزان کلروفیل b تفاوت معنی‌داری نداشتند ولی از میزان کلروفیل بالاتری برخوردار بودند (شکل ۱).

در این پژوهش فولویک اسید اثرات مثبتی بر میزان کلروفیل کل برگ‌ها داشت. با افزایش سطوح اسیدفولویک میزان کلرفیل کل نیز نسبت به شاهد افزایش یافته است. طبق نتایج بدست آمده بیش‌ترین میزان کلروفیل کل برگ با مقدار ۱/۲۰ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر با کاربرد سطح ۳ در هزار فولیک‌اسید و کم‌ترین میزان نیز با مقدار ۰/۷۹ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر در برگ گیاهان شاهد بدست آمد (شکل ۲).

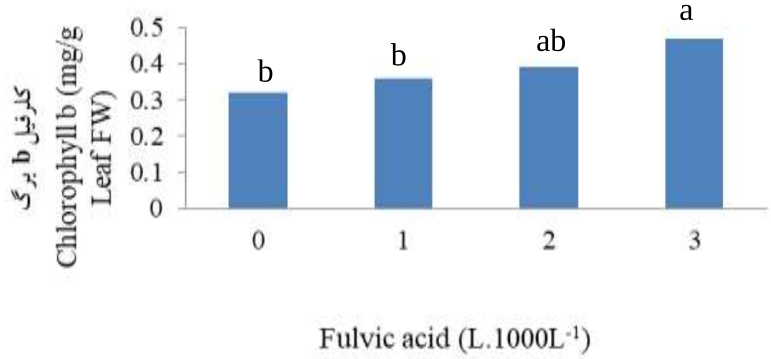
جدول ۱- تجزیه واریانس اثرات کلات کلسیم و فولویک اسید بر رشد و عملکرد بِهْ رقم 'حاج آقا کیشی'

Table 1- ANOVA results for the effects of chelated calcium and fulvic acid application on growth and yield of Quince 'Haji Agha Kishi'

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean squares							
		کلروفیل a Chlorophyll. a	کلروفیل b Chlorophyll. b	کلروفیل کل Total Chlorophyll..	سطح برگ Leaf area	طول میوه Fruit length	قطر میوه Fruit diameter	وزن تر میوه Fresh fruit weight	عملکرد Yield
بلوک Block	۲	0.16*	0.01ns	*0.24	45346. 2ns	*0.34	0.03ns	474.18ns	51.86ns
کلات کلسیم Chelated calcium (CCa)	۲	0.0005ns	0.0ns	0.01ns	323748.27**	17.01**	12.16**	115862.91**	2730.77**
فولویک اسید Fulvic acid (FvA)	3	0.07ns	*0.03	*0.24	206466.13**	2.22**	0.34**	3890.88**	419**
CCa×FvA	6	0.01ns	0.01ns	0.06ns	53153**	0.55**	0.05ns	293.02ns	30.58ns
خطای آزمایشی Error	22	0.03	0.01	0.05	9642	0.08	0.02	301.19	16.71
ضریب تغییرات C.V (%)	-	30.35	26.11	24.41	2.56	3.23	1.69	5.07	2.66

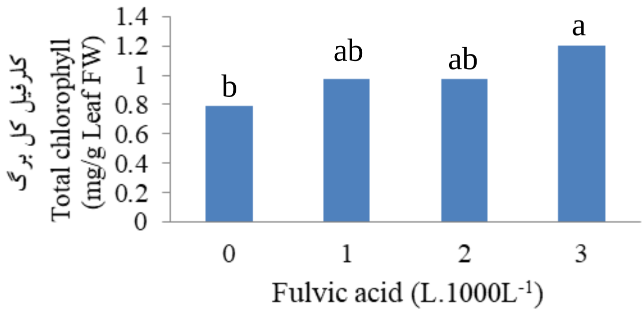
ns: عدم معنی‌داری، *، **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: non-significant, significant at 5% and 1% of probability level, respectively.



شکل ۱- اثر کاربرد سطوح مختلف فولویک اسید بر میزان کلروفیل b برگ درختِ بِهْ رقم 'حاج آقا کیشی'

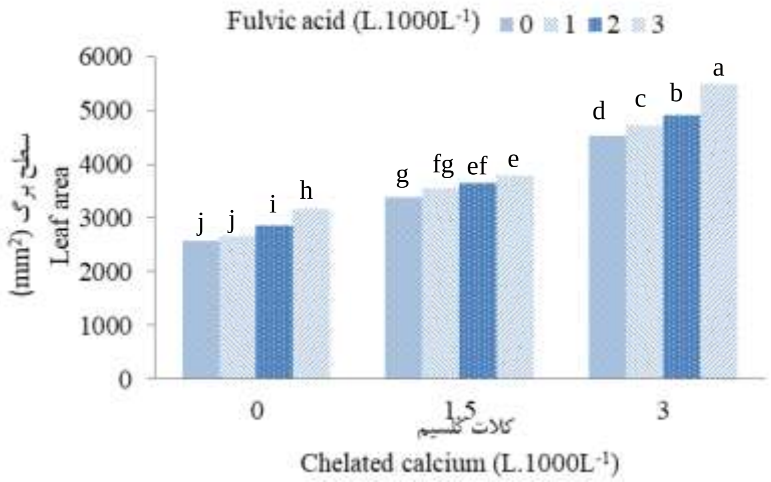
Figure 1- The effect of fulvic acid on chlorophyll b (mg/g Leaf FW) content of Quince 'Haji Agha Kishi' leaf.
(LSD, $p \leq 0.05$)



شکل ۲- اثر کاربرد سطوح مختلف فولویک اسید بر میزان کلروفیل کل برگ درخت بِهْ رقم 'حاج آقا کیشی'

Figure 2- The effect of fulvic acid on total chlorophyll content of Quince 'Haji Agha Kishi' leaf
(LSD, $p \leq 0.05$)

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها، سطح برگ درختان با افـزایش سـطوح تیمارهـای اعمـال شـده، افـزایش یافتـه اسـت. بیش‌ترین (۵۴۸۱/۶۹ میلی‌متر مربـع) سـطح بـرگ بـا کـاربرد تـوام تیمارهای ۳ در هزار کلات‌کلسیم و ۳ در هزار اسیدفولیک بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح داشت. کم‌ترین میـزان سـطح برگ (۲۵۵۲/۷۲) نیز در تیمارهای شاهد مشاهده شد (شکل ۳).

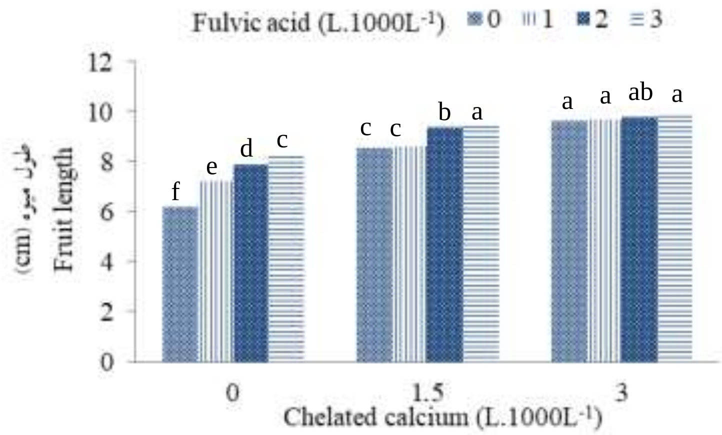


شکل ۳- اثر متقابل کاربرد فولویک اسید × کلات کلسیم بر سطح برگ درخت بِهْ رقم 'حاج آقا کیشی'

Figure 3– The interaction effect of fulvic acid ×chelated calcium on leaf area (mm²) of Quince 'Haji Agha Kishi'.
(LSD, $p \leq 0.05$)

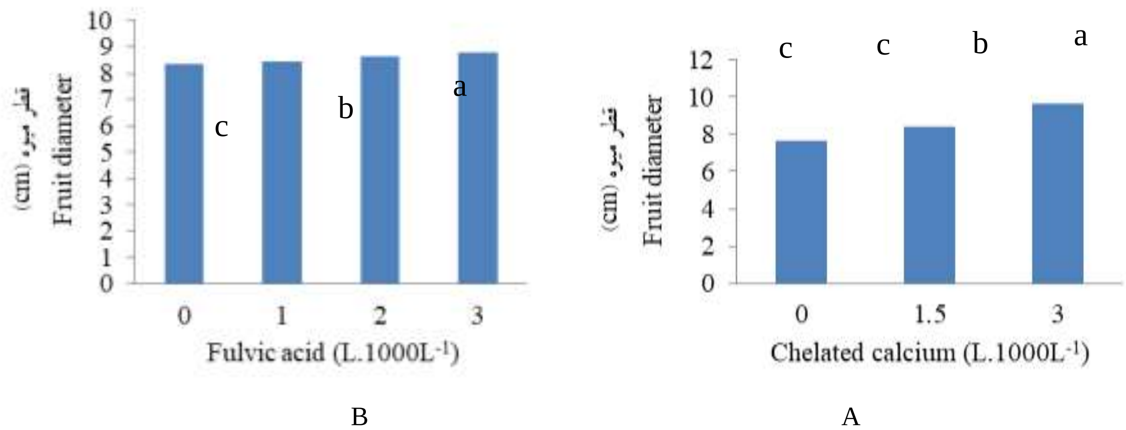
بررسی مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای کلات‌کلسیم و اسید فولیک نشان داد که یک روند مثبت با افزایش غلظت تیمارها در میزان طول میوه وجود دارد. بیش‌ترین میزان طول میوه مربوط به تیمار۳ در هزار کلات کلسیم با میزان ۹/۹۱ سانتی متر و تیمار۳ در هزار اسیدفولیک می باشد. کم ترین میزان طول میوه (۶/۲۲ سانتی‌متر) مربوط به شاهد بود (شکل ۴).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از این بود که افزایش غلظت کلات‌کلسیم و اسیدفولیک منجر به افزایش در قطر میوه بِهْ شد. به‌طوری که بیشترین قطر میوه در بین سطوح کلات‌کلسیم با میزان ۹/۳۱ سانتی متر مربوط به تیمار ۳ در هزار و در بین سطوح اسید فولیک با میزان ۷/۹۸ سانتی متر مربوط به تیمار ۳ در هزار بود. کمترین میزان قطر میوه نیز در میوه ی درختان شاهد مشاهده گردید (شکل ۵).



شکل ۴- اثر متقابل کاربرد سطوح مختلف فولویک اسید ×کلات کلسیم بر طول میوه‌ی بِهْ رقم 'حاج آقا کیشی'

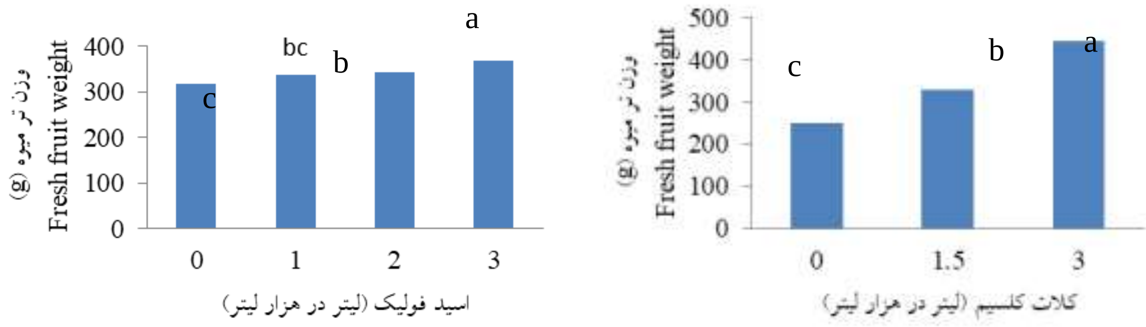
Figure 4– The interaction effect of fulvic acid ×chelated calcium on fruit length (cm) of Quince 'Haji Agha Kishi' (LSD, $p \leq 0.05$)



شکل ۵- اثرات کاربرد سطوح مختلف فولویک اسید (A) و کلات کلسیم (B) بر قطر میوه‌ی بِهْ رقم 'حاج آقا کیشی'

Figure 5– The effects of fulvic acid (A) and chelated calcium (B) on fruit diameter (cm) of Quince 'Haji Agha Kishi' (LSD, $p \leq 0.05$)

در بین سطوح اسید فولیک بیشترین وزن میوه (۳۶۹/۱۱ گرم) در سطح ۳ در هزار مشاهده شد و کمترین وزن تر میوه (۳۱۸/۷۳ گرم) در میوه‌های شاهد بود (شکل ۶). در بین سطوح کلات‌کلسیم نیز بیش ترین میزان وزن تر میوه (۴۴۵/۹۲ گرم) مربوط به سطح ۳ در هزار بود و کم‌ترین میزان آن (۲۵۰/۴۶ گرم) در میوه‌های شاهد مشاهده شد (شکل ۶).

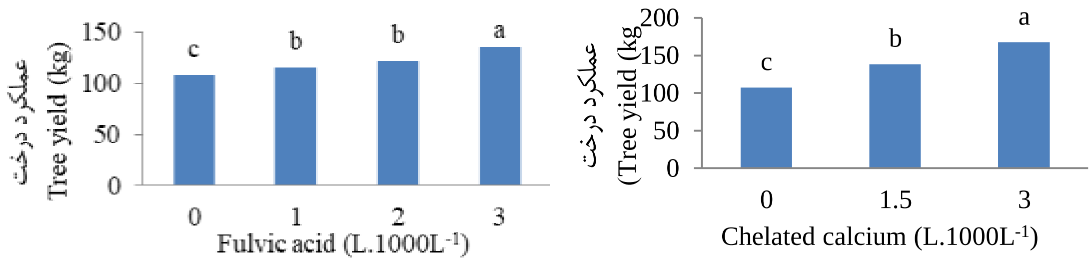


B A

شکل ۶- اثرات کاربرد سطوح مختلف فولویک اسید (A) و کلات کلسیم (B) بر وزن تر میوه‌ی بهْ رقم 'حاج آقا کیشی'

Figure 6– The effects of fulvic acid (A) and chelated calcium (B) on fresh fruit weight (g) of Quince 'Haji Agha Kishi'. (LSD, *p≤0.05*)

نتایج مقایسه میانگین ها بیانگر آن بود که تیمارهای ۳ در هزار کلات کلسیم و فولویک اسید بیشترین عملکرد میوه را به‌ترتیب با ۱۶۷/۶۳ و ۱۳۵/۳۰ کیلوگرم در درخت را حاصل نمودند. کم ترین عملکرد نیز مربوط به درختان شاهد بود (شکل ۷).



B A

شکل ۷- اثرات کاربرد سطوح مختلف فولویک اسید (A) و کلات کلسیم (B) بر عملکرد درخت بِهْ رقم 'حاج آقا کیشی'

Figure 7- Th effects of fulvic acid (A) and chelated calcium (B) on tree yield (kg) of Quince 'Haji Agha Kishi'. (LSD, *p≤0.05*)

بحث

کاربرد فولویک اسید با افزایش فتوسنتز رشد گیاه را بهبود می‌بخشد (Gulser *et al*, 2010). بیشترین جذب فولویک اسید توسط برگ‌ها انجام می‌شود (Malan, 2015) و استفاده از مواد هیومیکی سبب تحریک تولید رنگیزه‌های کلروفیلی می‌شود (Hatami *et al*., 2020; Aiken *et al*., 1985). انجم و همکاران (Anjum *et al*., 2011) گزارش کردند که فولویک اسید محتوای کلروفیل و آب برگ‌ها را افزایش می‌دهد که همسو با نتایج این پژوهش است (Anjum *et al*., 2011). بنظر می‌رسد افزایش سطح برگ با کاربرد فولویک اسید نسبت به شاهد می‌تواند کارایی برگ را در فتوسنتز و بهبود رشد، افزایش دهد. فولویک اسید ممکن است که از طریق افزایش جذب نیتروژن و منیزیم (ترکیبات ساختاری کلروفیل)، پیری را بتاخیر انداخته و موجب تجمع کلروفیل شود که در نهایت منجر به افزایش نرخ فتوسنتز می‌شود (Abdel-Baky *et al*., 2019). همچنین در فلفل دلمه‌ای نیز گزارش شده است که هیومیک اسید موجب افزایش سطح نیتروژن، آهن و منیزیم در شرایط تنش شوری ملایم شده بود (Çimrin *et al*., 2010). محرک‌های زیستی، متابولیسم اولیه گیاهان را بهبود می‌بخشند و سطوح کربوهیدرات، بیوسنتز پروتئین، آمینو اسیدهای آزاد، رنگیزه‌ها و آنزیم‌های مختلف را افزایش می‌دهند (Calvo *et al*., 2014; Hatami *et al*., 2020). اسیدفولویک موجب افزایش در عملکرد میوه بِهْ شد که با نتایج بسیاری از تحقیقات همسو می باشد. محلول‌پاشی مواد هیومیکی باعث افزایش معنی دار عملکرد کل در فلفل شده است (Karakurt *et al*., 2009). همچنین کاربرد مواد هیومیکی (۱ گرم در لیتر)

به‌صورت محلول‌پاشی باعث افزایش عملکرد لوبیا شده است (Zaky et al., 2006). عملکرد گوجه فرنگی نیز با محلول‌پاشی فولویک اسید بهبود یافته است (Suh et al., 2014). بنظر می‌رسد فولویک اسید علاوه بر تنظیم جذب عناصر (Piccolo et al., 2003; Piccolo and Mbagw, 1999) و تراوایی سلول (Vaughan and Ord, 1981) مکانیسم‌های کلیدی متابولیک گیاه را نیز تنظیم می‌کند (Dobbss et al., 2007). بیشترین جذب فولویک اسید که یک کود زیستی بشمار می‌رود توسط برگ انجام می‌گیرد و یک کلات کننده مواد معدنی و جاذب آب است که با جذب حداکثری از طریق برگ، بهره‌وری را تحریک می‌کند (Malan, 2015). برخی از مطالعات گزارشات مثبتی مبنی بر اثر کاربرد مواد هیومیکی بر رشد، کیفیت و حجم میوه گلابی، زیتون و لیمو را ارائه کرده‌اند (Calvo et al., 2014) که همسو با نتایج این پژوهش می‌باشد. کاربرد اسید فولویک به تنهایی یا در ترکیب با کیتوزان و سالیسیلیک اسید موجب بهبود طول شاخه، سطح برگ، کلروفیل کل برگ و عملکرد انگور بیدانه تامپسون شده است (El-kenawy, 2017). مواد هیومیک به طور مستقیم، از طریق افزایش جذب آهن و سنتز کلروفیل، افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو و افزایش فوتسنتز، افزایش جذب عناصر مفید و کاهش جذب عناصر سمی، با خاصیت کالته کنندگی، رشد و تولید گیاه را افزایش داده و به‌طور غیرمستقیم، با تغییر ساختار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، روی رشد گیاهان سودمند است (Parandian and Samavat, 2012).

اثرات متقابل و نیز اثر ساده کاربرد کلات کلسیم و فولویک اسید بر اساس نتایج این پژوهش موجب افزایش قابل توجه در سطح برگ درخت به رقم حاج آقا کیشی شد. کلسیم به‌تنهایی با فعال کردن متابولیسم آنزیم‌ها، فتوسنتز و کربوهیدرات‌ها سطح برگ را بهبود می‌بخشد (Hirschi, 2004). این عنصر یک ترکیب اساسی در دیواره سلول گیاهی است و در تقسیم و بزرگ شدن سلول نقش بسزائی دارد (Ho et al., 2008). محلول‌پاشی کلسیم به‌تنهایی در افزایش رشد و تولید میوه گوجه‌فرنگی نیز موثر بوده است (Gulser et al., 2010). بر اساس گزارش شاهید و همکاران (Shahid et al., 2020) کاربرد محلول‌پاشی کلسیم اثرات معنی دار و مثبتی بر میزان حجم و عملکرد میوه هلو داشته است در واقع کلسیم موجب بهبود جذب آمونیوم شده که بهبود فتوسنتز و جذب دی‌اکسید کربن را به‌همراه خواهد داشت که در نهایت وزن، حجم و عملکرد میوه را افزایش می‌دهد (Piccolo et al., 2003). فولویک اسید با افزایش ساخت مجتمع‌های فلزی و عوامل کلاته کننده حلالیت مواد معدنی را افزایش می‌دهد (Canellas et al., 2015)، همچنین در افزایش در دسترس بودن عناصر غذایی با نگه داشتن آنها روی سطوح معدنی، و تبدیل آنها به فرم‌هایی که در دسترس گیاهان است، موثر است (Karakurt et al., 2009). اثرات کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و کودهای شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای،موجب افزایش عملکرد دانه در تیمار ۵۰ ٪کود شیمیایی+ کود زیستی شده است (Eidizadeh et al., 2011).

نتیجه‌گیری

افزایش عملکرد و کیفیت مهمترین هدف در تولید محصولات کشاورزی است. با توجه به اینکه محرک‌های زیستی اثرات نامطلوبی بر خاک و آب ندارند، به منظور حفظ تولید پایدار باید در برنامه تولید مورد استفاده قرار گیرند. فولویک اسید به‌عنوان یک محرک زیستی متابولیسم گیاه را بهبود بخشیده و جذب عناصر را تسهیل می‌کند. از نتایج این پژوهش می توان چنین نتیجه گرفت که محلول پاشی کلات کلسیم و محرک زیستی فولویک اسید، با کابرد غلظت۳ در هزار توانسته است شاخص‌های سطح برگ، کلرفیل برگ، عملکرد میوه و همچنین شاخص های کمی میوه را نسبت به شاهد، بهبود بخشیده است. کاربرد فولویک اسید بصورت محلول‌پاشی اثر مثبتی بر انتقال مواد معدنی و کلاته کردن دارد.

منابع

1. Abdel-Baky Y.R., Abouziena H.F., Amin A.A., Rashad El-Sh M., and Abd El-Sttar A.M. 2019. Improve quality and productivity of some faba bean cultivars with foliar application of fulvic acid, Bulletin of the National Research Centre 43: 2. https://doi.org/10.1186/s42269-018-0040-3.
2. Aiken G.R., McKnight D.M., Wershaw R.L., and Mccarthy P. 1985. Humic Substances in Soil, Sediment, and Water: Geochemistry, Isolation and Characterization. John Wiley & Sons. New York. https://doi.org/10.1002/gj.3350210213.
3. Anjum S.A., Wang L., Farooq M., Xue L., and Ali S. 2011. Fulvic acid application improves the maize performance under well-watered and drought conditions, Journal of Agronomy and Crop Science 197(6): 409-417. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2011.00483.x.
4. Arnon D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts, Polyphenol oxidase in *Beta Vulgaris*, Plant Physiology 24(1): 1-15. https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1.
5. Bakhshandeh E., Soltani A., and Ghadiryan R. 2012. Leaf area index measurement by AccuPAR instrument in wheat, Journal of Plant Production 18(4): 97-102. (In Persian)

6. Calvo P., Nelson L., and Kloepper J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants, Plant Soil 383: 3–41. https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8.
7. Canellas L.P., Olivares F.L., Aguiar N.O., Jones D.L., Nebbioso A., Mazzei P., and Piccolo A. 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture, Scientia Horticulturae 196: 15-27. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013.
8. Chen Y., De Nobili M., and Aviad T. 2004. Stimulatory effects of humic substances on plant growth. In: F. MAGDOFF, R. R. WEIL (eds.): Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture. 103-129 CRC Press. New York. USA.
9. Çimrin K.M., Türkmen Ö., Turan M., and Tuncer B. 2010. Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress of pepper seedling, African Journal of. Biotechnology 9(36): 5845–5851.
10. Dobbss L.B., Medici L.O., Peres L.E.P., Pino-Nunes L.E., Rumjanek V.M., Façanha A.R., and Canellas L.P. 2007. Changes in root development of Arabidopsis promoted by organic matter from oxisols, Annals of Applied Biology 151: 199–211. https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2007.00166.x.
11. Eidizadeh Kh., Mahdavi Damghani A.M., Ebrahimpoor F., and Sabahi H. 2011. Effects of integrated application of biological and chemical fertilizer and application method of biofertilizer on yield and yield components of maize, European Journal of Clinical Pharmacology 4(3): 21-35.
12. El-kenawy M. 2017. Effect of Chitosan, Salicylic Acid and Fulvic Acid on Vegetative Growth, Yield and Fruit Quality of Thompson Seedless Grapevines, Egyptian Journal of Horticulture 44(1): 45-59. https://doi.org/10.21608/EJOH.2017.1104.1007.
13. Gulser F., Sonmez F., and Boysan S. 2010. Effects of calcium nitrate and humic acid on pepper seedling growth under saline condition, Journal of Environmental Biology 31: 873-876.
14. Hatami E., Shokouhian A.A, Ghanbari A.R., and Naseri L. 2020. Investigation the effect of humic acid on some morphhophysiological and biochemical characteristics of almond rootstocks under salinity stress, Iranian Journal of Horticultural Science 15(3): 523-526. https://doi.org/ 10.22059/IJHS.2019.277630.1615.
15. Haleema B., Rab A., and Hussain S.A. 2018. Effect of Calcium, Boron and Zinc Foliar Application on Growth and Fruit Production of Tomato, Sarhad Journal of Agriculture 34(1): 19-30. http://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2018/34.1.19.30.
16. Hamauzu Y., Inno T., Kume C., Irie M., and Hiramatsu K. 2006. Antioxidant and antiulcerative properties of phenolics from Chinese quince, quince, and apple fruits, Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 765–772. https://doi.org/10.1021/jf052236y.
17. Hirschi K.D. 2004. The calcium conundrum. Both versatile nutrient and specific signal, Plant Physiology 136: 2438-2442. https://doi.org/10.1104/pp.104.046490.
18. Ho M.M., Burcher S., and Ching L.L. 2008. Food future now. Isis TWN Report.P.2.
19. Hussain N., Ali A., Sarwar G., Mujeeb F., and Tahir M. 2003. Mechanism of salt tolerance in rice, Pedosphere 13: 233-238.
20. Ilyas M., Ayub G., Hussain Z., Ahmad M., Bibi B., Rashid A., and Luqman. 2014. Response of tomato to different levels of calcium and magnesium concentration, World Applied Sciences Journal 31(9): 1560-1564.
21. Jifon J.L., and Leste G.E. 2009. Foliar potassium fertilization improves fruit quality of field-grown muskmelon on calcareous soils in south Texas, Journal of the Science of Food and Agriculture 89: 2452–2460. https://doi.org/10.1002/jsfa.3745.
22. Johnson R.S. 2008. Nutrient and water requirements of peach trees. In: The peach botany, production and uses, Lyne, D.R., Bassi, D. (eds.), CAB International. Cambridge 310–311.
23. Karakurt Y., Unlu H., Unlu H., and Padem H. 2009. The influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and quality of pepper, Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science 59: 233-237. https://doi.org/10.1080/09064710802022952.
24. Khreba A.H., Hassan A.H., Ema M.S., and Atal S.A. 2014. Effect of some pre and postharvest treatments on quality and storability of strawberry fruits, Journal of American Science 10: 239-248.
25. Kulikova N.A., Stepanova E.V., and Koroleva O.V. 2005. Mitigating activity of humic substances: Direct influence on biota. In Use of Humic Substances to Remediate Polluted Environments: From Theory to Practice; Springer: Dordrecht, The Netherlands 285–309.
26. Malan C. 2015. Review: humic and fulvic acids. A Practical Approach. pp: 39. In Sustainable soil management symposium, Stellenbosch. 5-6 November 2015. Agrilibrium Publisher.
27. Moreira R., Chenlo F., Torres M.D., and Vallej N. 2008. Thermodynamic analysis of experimental sorption isotherms of loquat and quince fruits, Journal of Food Engineering 88: 514–521. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.03.011.
28. Neilsen G., Neilsen D., Dong S., Toivone P., and Peryea F. 2005. Application of $CaCl_2$ sprays earlier in the season may reduce bitter pit incidence in 'Braeburn' apple, HortScience 40: 1850-1853. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.6.1850.
29. Parandian F., and Samavat S. 2012. Effects of fulvic acid and humic acid on anthocyanin, soluble sugar, α-amylase

enzyme and some micronutrients in lilium, International Research Journal of Applied and Basic Sciences 3(5): 924-929.

30. Piccolo A., Conte P., Spaccini R., and Chiarella M. 2003. Effects of some dicarboxylic acids on the association of dissolved humic substance, Biology and Fertility of Soils 37: 255–259. https://doi.org/ 10.1007/s00374-003-0583-8.
31. Piccolo A., and Mbagw J.S.C. 1999. Role of Hydrophobic Components of Soil Organic Matter in Soil Aggregate Stability, Soil Science Society of America Journal 63: 1801–1810. https://doi.org/10.2136/sssaj1999.6361801x.
32. Priya B.N.V., Mahavishnan K., Gurumurthy D.S., Bindumadhava H., Upadhyaya A.P., and Sharmaa N.K. 2014. Fulvic Acid (FA) for enhanced nutrient uptake and growth: Insights from biochemical and genomic studies, Journal Crop Improvement 28: 740-757.
33. Shahid M., Muhmood A., Ihtisham M., ur Rahman M., Amjad N., Sajid M., Riaz K., and Ali A. 2020. Fruit yield and quality of ’Florida King’ peaches subjected to foliar calcium chloride aprays at different growth stages, Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus 19(1): 131-139. https://doi.org/10.24326/asphc.2020.1.12.
34. Suh H.Y., Yoo K.S., and Su S.G. 2014. Effect of foliar application of fulvic acid on plant growth and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.), Horticulture, Environment, and Biotechnology 55: 455–461. https://doi.org/10.1007/s13580-014-0004-y.
35. Tabatabaei S.J. 2013. Principles of mineral nutrition of plants, Tabriz University Press. 562p. (In Persian)
36. Vaughan D., and Ord B.G. 1981. Uptake and incorporation of14C-labelled soil organic matter by roots of *Pisum sativum* L., Journal of Experimental Botany 32: 679–687. https://doi.org/10.1093/jxb/32.4.679.
37. Wojdyło A., Oszmianski J., and Bielicki P. 2013, Polyphenolic composition, antioxidant activity, and polyphenol oxidase (PPO) activity of quince (*Cydonia oblonga* Miller) varieties, Journal of Agricultural and Food Chemistry 61: 2762–2772. https://doi.org/10.1021/jf304969b.
38. Yakhin O., Lubyanov A.A., Yakhin I.A., and Brown P. 2017. Biostimulants in plant science: a global perspective, Frontiers in Plant Science 7: 2049. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049.
39. Zaky M.H., Zoah E.L., and Ahmed M.E. 2006. Effect of humic acids on growth and productivity of bean plants grown under plastic low tunnels and open field, Egyptian Journal of Applied Sciences 21: 582-596.